http://www.icn.unal.edu.co/ Caldasia 34(1):205-212. 2012

COCCONEIS PLACENTULA Y *ACHNANTHIDIUM MINUTISSIMUM* ESPECIES INDICADORAS DE ARROYOS OLIGOTRÓFICOS ANDINOS

Cocconeis placentula and *Achnanthidium minutissimum,* indicator species of oligotrophic Andean streams

Yaira Ayarith Abuhatab-Aragón
John Charles Donato-Rondón
Departamento de Biología, Laboratorio de Diatomeas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá D.C., Colombia. yaabuhataba@unal.edu.co, jcdonator@unal.edu.co

RESUMEN

Con el fin de relacionar la química del agua y las especies de diatomeas *Cocconeis placentula* y *Achnanthidium minutissimum* en el arroyo Tota (Boyacá-Colombia), se analizó su abundancia diaria en sustratos rocosos entre los meses de julio y agosto de 2009. Se midió diariamente el fósforo reactivo soluble (PRS), amonio, nitrato, conductividad y pH. Se observó que la abundancia diaria de la especie *A. minutissimum* estuvo relacionada con concentraciones bajas de amonio, mientras que la de *C. placentula* respondió a concentraciones bajas de fósforo reactivo soluble (PRS).

Palabras clave. Arroyos oligotróficos andinos, diatomeas del perifiton, sustratos rocosos.

ABSTRACT

To understand the relationship between the chemistry of the water and the diatoms species *Achnanthes minutissimum* and *Cocconeis placentula* in the stream Tota (Boyacá-Colombia), we analyzed the daily abundance of these benthic diatoms on rocky substrata between July and August of 2009. Measurements of soluble reactive phosphorus (SRP), ammonium, nitrate, conductivity, and pH were taken daily. We observed that the daily abundance of *A. minutissimum* was associated with low concentrations of ammonia, while the abundance of *C. placentula* responded to low levels of SRP.

Key words. Oligotrophic Andean Stream, Diatom periphyton, Rocky Substrates.

INTRODUCCIÓN

Las diatomeas son especies abundantes y cosmopolitas, crecen en una amplia gama de hábitats (suelos, lagos, ríos y mares) y en condiciones ambientales muy variables (Elster *et al*. 2001). Aportan gran cantidad de energía a los ecosistemas acuáticos, ya que contribuyen con el 90% de la productividad primaria y fijan alrededor del 20% de carbono del ambiente (Whitton & Rott 1996).

Las diatomeas son excelentes indicadoras de los impactos sobre la calidad del agua de los arroyos (Taylor *et al*. 2007, Stevenson *et al*. 2008). Los nutrientes, el pH y la composición iónica son especialmente importantes para determinar la estructura y la diversidad de los ensamblajes de diatomeas (DeNicola 2000, Potapova & Charles 2003, Potapova & Charles 2007, Soininen 2007), lo que hace que las diatomeas sean indicadoras eficientes

de la calidad del agua (Sonneman *et al*. 2001, Newall & Walsh 2005).

En algunos estudios se atribuye el comportamiento de la comunidad de diatomeas a factores como el stress hidráulico (Biggs & Close 1989, Biggs & Thomsen 1995), la herbivoría (Rosemond 1994, Steinman 1996), la estabilidad del sustrato (Power & Stewart 1987, Grimm & Fisher 1989) o cambios de temperatura (Bothwell 1988, Schiller *et al*. 2007).

Cocconeis placentula Ehrenberg (1838), es una de las especies que crecen en hábitats bentónicos donde se adhieren a rocas, macrófitos y algas. Es común en los cuerpos de agua dulce y es de amplia distribución geográfica, particularmente donde el pH es circumneutral o alcalino. También se encuentra en el agua salobre. Es tolerante a la contaminación orgánica moderada y eficiente en la incorporación de nutrientes (Gari & Corigliano 2007). Por su parte *Achnanthidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki (1994) es una de las diatomeas bentónicas más frecuentes del agua dulce a nivel mundial (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Esta especie se ha registrado para aguas alcalinas y ácidas, oligotróficas e hipertróficas (Round 2004). El objetivo de ésta investigación fue examinar a partir de un estudio intensivo diario la respuesta de *C. placentula* y *A. minutissimum* a los factores químicos en el arroyo Tota. Nosotros hipotetizamos que las especies citadas responden diferencialmente a las concentraciones de nutrientes, particularmente amonio y fósforo reactivo soluble (PRS).

METODOLOGÍA

Descripción del área de estudio. El río Tota se origina en la cordillera Oriental colombiana, recorre el departamento de Boyacá y se localiza a una altura de 2560 m.s.n.m. El área de la cuenca de drenaje es de 149.9 km^2 (Castro & Donato 2008), presenta una temperatura media anual de 15°C (Martínez & Donato 2003), una precipitación media anual de 730.5 mm y un caudal medio de 0.67 m^3 s^{-1}. La zona de vida según Holdridge corresponde a la de Bosque Seco Montano Bajo (Castro & Donato 2008).

Métodos. En diferentes puntos del tramo medio del río Tota (05° 58'N y 73° 98'W) se colectaron muestras diarias de diatomeas en sustratos naturales (piedras) durante 26 días, entre julio y agosto del 2009. Las piedras se extrajeron de áreas iluminadas con caudales entre 0.14 y 0.32 m^{3}s^{-1}. El biofilm se obtuvo de cada sustrato cepillando su superficie y se fijó, con medio Transeau, para la identificación de las diatomeas.

Simultáneamente se hicieron registros diarios de conductividad (µS cm^{-1}) con un multiparámetro marca YSI modelo 556 MPS. El oxígeno disuelto (mg l^{-1}) se midió con un sensor de oxígeno marca HACH HQ30d. La temperatura del agua fue medida con un multiparámetro YSI modelo 556, el pH con un sensor Schott pH 11/SET. Se siguieron los métodos de APHA-WWA-WPCF (2005) para la medición del fósforo reactivo soluble, el nitrato y el amonio.

Las muestras obtenidas se sometieron a la técnica de oxidación para limpieza y oxidación de la materia orgánica. Los frústulos se deshidrataron sobre cubreobjetos redondeados y se montaron en *Naphrax* ®. Se contaron 400 frústulos de la especie más abundante en cada muestra.

Análisis de los datos. Con los datos obtenidos, se calculó la media aritmética y el coeficiente de variación como medidas de tendencia central y de dispersión. Para determinar la relación existente entre las diatomeas bénticas y los parámetros químicos, se empleó una regresión lineal. Todo esto se realizó mediante los paquetes estadísticos STATGRAPHICS

5.0, PAST - Paleontological Statistics, ver. 1.34 y Excel versión 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros de las variables ambientales en el río Tota durante el periodo de estudio se presentan en la Tabla 1. Como puede observarse, la temperatura del agua presentó poca variabilidad (CV= 6.20%) con un rango de 11.2 ± 14.1 °C. Estos valores estuvieron por encima de los registros históricos medios mensuales reportados en el río Tota (Rivera & Donato, 2008). El pH varió poco durante el muestreo (CV=8.9%) y el valor medio fue de 6.7. Aunque son pequeñas, las variaciones registradas posiblemente se deban a procesos químicos relacionados con la descomposición de la materia orgánica y las actividades agrícolas de la cuenca. Las variaciones en las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mínimas (C.V= 5.42%), los registros de éste componente químico estuvieron entre 5.73 y 8.06 mg l^{-1}. Por otra parte, la conductividad registró valores bajos y una baja variación (10.36%), lo que pudo estar relacionado con la litología de la cuenca. Igualmente las concentraciones de amonio, PRS y nitrato, fueron uniformes durante el periodo de muestreo, lo que implicó poca variabilidad en cada uno de ellos (0.11 ± 0.02 mg l^{-1} NH_4, 0.27 ± 0.07 mg l^{-1} PO_4 y 0.2 ± 0.01 mg l^{-1} NO_3). Estas concentraciones de nutrientes están dentro de los rangos establecidos para ríos neotropicales (Margalef 1983, Lewis *et. al* 1995).

Se registraron en total 99.361 individuos, agrupados en 38 especies, representadas por 18 géneros, pertenecientes a la clase

Tabla 1. Resumen de los datos de la química del agua, obtenidos para el tramo estudiado del río Tota.

	Conductividad µS cm $^{-1}$	Amonio mg l^{-1}	Fosfato mg l^{-1}	Nitrato mg l^{-1}	T agua °C	pH Unidades	Oxigeno mg l^{-1}
Muestras (N)	26	26	26	26	26	26	26
Mediana	56.5	0.07	0.11	0.10	13.11	6.89	7.77
Media	55.29	0.07	0.12	0.11	13.07	6.69	7.70
Varianza	33.13	0.04	0.0007	0.001	0.72	0.36	0.17
Desv. Estandar	5.76	0.03	0.04	0.05	0.85	0.60	0.42
Mínimo	46.0	0.02	0.07	0.01	11.16	4.83	5.73
Máximo	65.0	0.11	0.27	0.20	14.54	7.46	8.06
Rango	19.0	0.09	0.20	0.19	3.38	2.63	2.33
Coef. Var.	10.36%	34.82%	34.60%	38.96%	6.49%	8.93%	5.42%

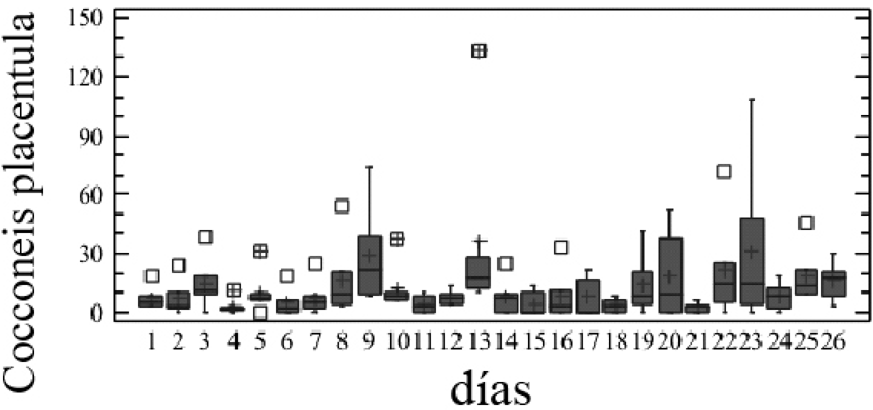


Figura 1. Cambios en la Abundancia Diaria de *Cocconeis placentula* en el arroyo Tota.

Bacillariophyceae. Las especies más comunes fueron *Rhoicosphenia abbreviata* (58.1%), *Reimeria sinuata* (34.7%), *C. placentula* (19.7%), *Nitzschia dissipata* (19.6%), *Gomphonema clavatum* (14.8%) y *Gomphonema minutum* (5.6%) y *A. minutissimum* (2%). *C. placentula* registró un total de 1953 individuos con una máxima abundancia de 138 individuos alcanzada en el decimotercer muestreo (Figura 1), mientras que *A. minutissimum* sólo presentó un total de 156 individuos, con un máximo de 16 individuos en el doceavo muestreo (Figura 2). *C. placentula* y *A. minutissimum* son de amplia distribución (Passy, 2001), además se han documentado en estudios previos como especies representativas del río Tota (Zapata & Donato, 2005; Castellanos & Donato, 2008; Morales *et al*. 2010, Pedraza & Donato 2011) y se han reportado para ambientes acuáticos del norte y centro de Sudamérica (Morales *et. al* 2007, Servant-Vildary 1982, Toporowska *et. al* 2008, Díaz - Villanueva *et. al* 2000, entre otros).

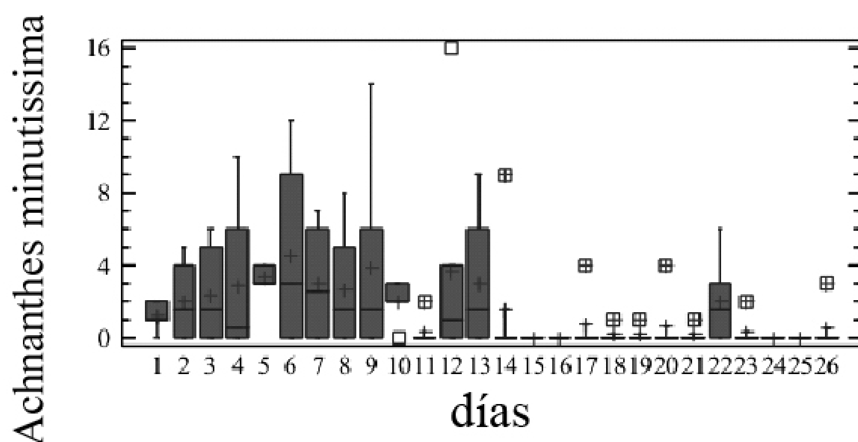


Figura 2. Cambios en la Abundancia Diaria de *Achnanthidium minutissimum* en el tramo de estudio.

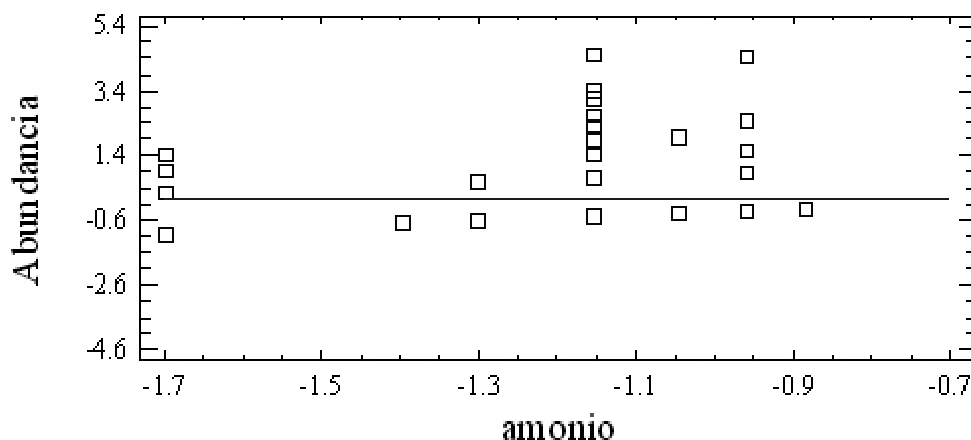


Figura 3. Relación de la abundancia de relativa de *Achnanthidium minutissimum* con el amonio en el arroyo Tota.

Al analizar la relación de la abundancia de las diatomeas y las variables físicas y químicas del agua, se pudo establecer que la abundancia de *C. placentula* fue mayor cuando las concentraciones de PRS fueron bajas (n=154, r= 4.88, P=0.03) (Figura 3) y *A. minutissimum* a concentraciones bajas de amonio (n=154, r= 4.36, P=0.04) (Figura 4). Estos resultados sugieren que estas especies en el tramo estudiado, pueden ser susceptibles a los cambios en estos nutrientes. *A. minutissimum* se ha considerado (Van Dam *et al*.1994), como tolerante a altos valores de nutrientes (Stevenson & Bahls 1999; Potapova & Hamilton 2007, Lobo *et. al* 2004). Ponader & Potapova (2007) y asocian a esta especie con bajo contenido de nutrientes y sales disueltas, pero consideran que su rango de tolerancia es mucho más amplio a diversos factores ambientales. *C. placentula,* por su parte, responde a los bajos valores de nitratos (Marcus 1980), aunque es tolerante a la eutrofización (Lobo *et. al* 2004). Igualmente, en el río Tota se ha establecido que los nutrientes como el amonio y el PRS determinan la respuesta altitudinal de las diatomeas (Pedraza & Donato 2011).

CONCLUSIONES

Las especies *A. minutissimum* y *C. placentula*, son representativas en el arroyo Tota. Se observó el aumento en la abundancia de *A. minutissimum* y *C. placentula* en concordancia con las bajas concentraciones de amonio y PRS, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Lina Cabarique editó la versión final del texto.

LITERATURA CITADA

APHA – AWWA – WEF. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* American Public Health Association, Washington, DC.

Biggs, B.J.F. & Close M.E. 1989. Periphyton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. Freshwater Biology 22: 209–231.

Biggs, B.J.F. & Thomsen H.A. 1995.

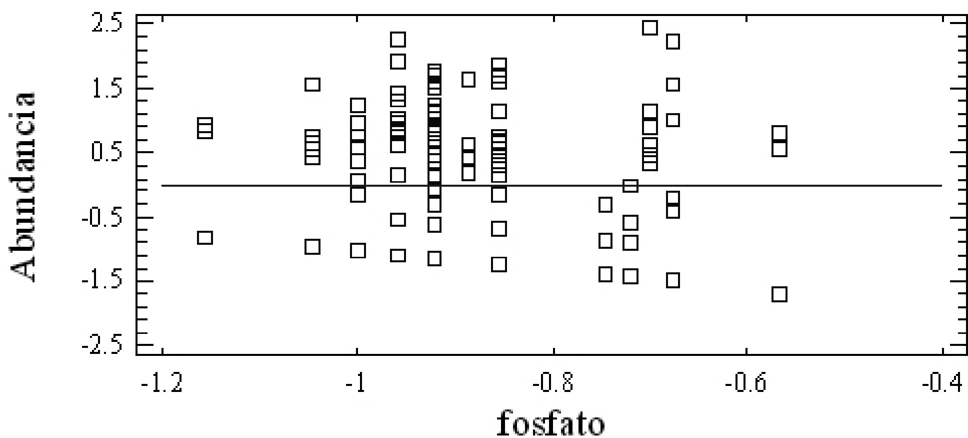


Figura 4. Relación de la abundancia de relativa de *Cocconeis placentula* con el PRS en el tramo de estudio.

Disturbance of stream periphyton by perturbations in shear stress: time to structural failure and differences in community resistance. Journal of Phycology 31: 233–241.

Bothwell, M.L. 1988. Growth rate responses of lotic periphytic diatoms to experimental phosphorus enrichment: the influence of temperature and light. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45: 261–270.

Castellanos, L. & J. Donato. 2008. Biovolumen y Sucesión de Diatomeas Bénticas. En: J. Donato (ed.). *Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos (río Tota, Boyacá):*127-144. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

Castro, M. I & J. Donato. 2008. El Entorno Natural del Río Tota. *Ecología de un Río de Montaña de los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá)*:73-79. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Denicola, D.M., 2000. A review of diatoms found in highly acidic environments. Hydrobiologia 433: 111–122.

Díaz, V., C. Queimaliños, B. Modenutti & J. Ayala. 2000. Effects of fish farm effluents on the periphyton of an Andean stream. Archive of fisherie and Marine research 48(2): 252-263.

Elster, J., J. Svoboda & H. Kanda. 2001. Controlled environment plataform used in temperature manipulation study of a stream periphyton in the Ny-Ålesund, Svalbard. Proceedings of International conference – Algae and Extreme Environments – Ecology and Physiology, J. Elster, J. Seckbach, W. Vincent & O. Lhotsk_ (eds.). Nova Hedvigia, Beiheft 123: 63-75.

Gari, E.N. & Corigliano, M.C. 2007. Spatial and temporal variations of *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) 1854 Grunow, 1884 in drift and periphyton. Braz. J. Biol. 67(4): 587-595.

Grimm, N. B. & S. G. Fisher. 1989. Stability of periphyton and macroinvertebrates to disturbance by flash floods in a desert stream. Journal of the North American Benthological Society 8: 293–297.

Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991. *Bacillariophyceae,* 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. VEB. Gustav Fisher Verlag, Jena. 576p

Lewis,W. M.Jr., S.K. Hamilton & J.F. Sounders. 1995. Rivers of Northern South America. In: C. Cushing & K. Cummisn (eds.) *Ecosystems of the world: Rivers*: 219-256. Elsevier, Nueva York.

Lobo, E.A., V.L.M. Callegaro, G. Hermany, D. Bes, C.A. Wetzel & M.A. Oliveira. 2004. Use of ephilitic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. Acta Limnologica Brasiliensis 16(1): 25-40.

Marcus, D. M. 1980. Periphytic Community Response to Chronic Nutrient Enrichment by a Reservoir Discharge. Ecology 61(2): 387-399

Margalef, R. 1983. *Limnología.* Ediciones Omega. Barcelona. 1010 pp.

Martínez, L. & J. Donato. 2003. Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical. Caldasia 25(2): 337 – 354.

Morales, D.S., J. Donato R. & M. Castro. 2010. Respuesta De Navicula Rhynchocephala (Bacillariophyceae) Al Incremento De Nutrientes En Un Arroyo Andino (Colombia). Acta Biológica Colombiana 15(2): 73–78.

Morales, E., M. Vis, E. Fernández & J. Kociolek. 2007 Epilithic diatoms Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia,South America II: A preliminary report on the diatoms from Sorata, Department of La Paz. Acta Nova 3(4): 680-696.

Newall, P. & C.J. Walsh. 2005. Response of epilithic diatom assemblages to urbanization influences. Hydrobiologia 532: 53–67.

Passy, S. 2001. Spatial paradigms of lotic diatom distribution: A landscape ecology perspective. Journal of Phycology. 37: 370-378.

Pedraza, E. & J. Donato, 2011. Diversidad Y Distribución De Diatomeas En Un Arroyo De Montaña De Los Andes Colombianos. Caldasia 33(1):177-191.

Ponader, K. C. & M. G. Potapova. 2007. Diatoms from the genus Achnanthidium in flowing waters of the Appalachian Mountains (North America): Ecology, distribution and taxonomic notes. Limnologica 37: 227-241.

Potapova, M.G. & D.F. Charles. 2003. Distribution of benthic diatoms in US rivers in relation to conductivity and ionic composition. Freshwater Biology 48: 1311–1328.

Potapova, M.G. & D.F Charles. 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. Ecological Indicators 7: 48–70.

Potapova, M. & P.B. Hamilton. 2007. Morphological And Ecological Variation Within the *Achnanthidium Minutissimum* (*Bacillariophyceae*) Species Complex. Journal of Phycology 43: 561–575

Power. M.E. & A.J. Stewart. 1987. Disturbance and recovery of an algal assemblage following flooding in an Oklahoma stream. American Midland Naturalist 117: 333–345.

Rivera, C. & J. Donato. 2008. Influencia de las Variaciones Hidrológicas y Químicas Sobre la Diversidad de Diatomeas Bénticas. En: J. Donato (ed.). *Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos (río Tota, Boyacá):* 83-102 . Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Rosemond, A.D. 1994.Multiple factors limit seasonal variation in periphyton in a forest stream. Journal of the North American Benthological Society 13: 333-344.

Round, F.E. 2004. pH scaling and diatom distribution. *Diatom* 20:9–12.

Schiller, D., E. Marti, J.L. Riera & F. Sabater. 2007. Effects of nutrients and light on periphyton biomass and nitrogen uptake in Mediterranean streams with contrasting land uses. Freshwater Biology 52: 891-906.

Servant-Vildary, S. 1982. Altitudinal zonation of mountainous diatom flora in Bolivia: Application to the study of the quaternary. Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae 25 (1-2):179-210

Soininen, J. 2007. Environmental and spatial control of freshwater diatoms—a review. *Diatom Research* 22: 473–490.

Sonneman, J.A., C.J. Walsh, P.F. BREEN & A.K. SHARPE. 2001. Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria Australia. II. Benthic diatom communities. Freshwater Biology 46: 553–565.

Steinman, A.D. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. In: R.J Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe (eds.). *Algal Ecology*: 341–373. Academic Press, California.

Stevenson, R. J. & Bahls, L. L. 1999. Periphyton protocols. In: M.T. Barbour, J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling (eds.) *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. 2nd ed. EPA 841-B-99-002. USEnvironmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, chap. 6.

Stevenson, R.J., Y. Pan, K.M. Manoylov, C.A. Parker & D.P. Larsen. 2008. Development of diatom indicators of ecological conditions for streams of the western US. Journal of the North American Benthological Society 27: 1000-1016.

Toporowska, m., B. Pawlik-Skowronska & A.Z. Wojtal. 2008. Epiphytic algae on *Stratiotes aloides* L., *Potamogeton lucens*L., *Ceratophyllum demersum* L. and *Chara* spp. in a macrophyte-dominated lake. International Journal of Oceanography and Hidrobiology 37(2): 51-63.

Taylor, J.C., J. Prygiel. A. Vosloo, P.A. Rey & L. Rensburg. 2007. Can diatom-based pollution indices be used for biomonitoring in South Africa? A case study of the Crocodile

West and Marico water management area. Hydrobiologia 592: 455-464.

VAN DAM, H., MERTENS, A. & SINKELDAM, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Neth. J. Aquat. Ecol. 28:117-33.

WHITTON, B.A. & E. ROTT. 1996. *Use of algae for monitoring rivers II*. E. Rott, Publisher, Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria.

ZAPATA, A. & J. DONATO. 2005. Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota-Colombia). Limnetica 24: 327-338.

Recibido: 08/08/2011
Aceptado: 15/05/2012